

公営バス事業における バス運行回数と運転手数の制約関係

Relationship between Service Frequency and Number of Drivers
in Public-Bus Management

渡 辺 千賀恵*

By Chikae WATANABE

There are two basic ways in the improvement of public-bus management. One is adding to the service-frequency for getting back the passengers, and another is decreasing the number of drivers for cutting down the cost. As The former is not independent of the latter, it is necessary to know the relation between the frequency (F) and the number (N). The following equation was found out from analyzing the bus allocation system; $F=(HV/(1+K)L)N$, where H is the 'handling-time' through which a driver operates the wheel a day, V is the speed, L is the route length, and K is the ratio of 'out-of-service' in running-kilometers. This equation is simple, but useful for thinking the trade-off between two ways.

1. はじめに

バス事業の経営改善策を大別すると、①サービスを高めて需要を回復し収入をふやす、②合理化をはかり費用を節約する、という二つの方向にわけられる。前者では、バス運行回数の増便が「旅客確保の最大要件」¹⁾であり、後者では、運転手数の削減が「人件費率の軽減」¹⁾の核心をなす。

たしかにこれら二つの改善策は、それらを分離して別個に考えてよいのなら、それぞれ妥当な方針であるといえよう。しかし、現実の経営システムからみて両者は無関係とはいえず、たがいに制約しあっている。たとえば、ある路線で運行回数を増やそうとすれば、ほかの路線を犠牲にしないかぎり、それは運転手の増員や労働強化につながる。

したがって、改善策①と②を別々に実現させようとする総花的対策は、実際にはむづかしい。いま可能なのは、一方で「採算性を守りながら、他方で市民の足の確保をはかってゆく」²⁾ための条件を考えることであろう。そのためには、現場実務のどの場面で、どんな制約が生じてくるのかを、実態に即して明確に把握しておくことが大切になる。

この報告は、こうした認識のもとに、バス運行回数（走行キロ）と運転手数との制約関係を定式化し、それを実証的に吟味してみたものである。分析対象には、岐阜市営バスの乗合部門を選んだ。使用した統計データは1985（昭和60）年度のものである。

2. 問題提起

まずはじめに問題提起の意味も含めて、図-1に一つの相関図を示した³⁾。これは全国公営バス事業団体（乗合部門）について、バスの総走行キロ S_t （km/日）と運転手の総在籍人数 W_t （人）との関

* 正会員 工博 岐阜工業高等専門学校 助教授
土木工学科（〒 501-04 岐阜県本巣郡真正町）

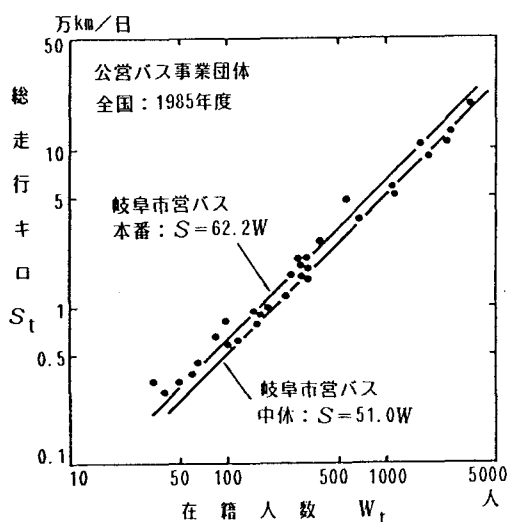


図-1 総走行キロと在籍運転手数の相関

係をみたものである。 S_t には回送キロも含まれており、 W_t には貸切部門の運転手を含まない。

この図を一見してわかるとおり、多少のバラツキはあるものの、全体としては各団体ともほぼ直線上にのっている。ここでは便宜のため対数目盛で示したが、普通目盛で描いてもやはり直線相関になる。(図中の直線式については後述する。)

バス運行回数をふやせば、それにつれて走行キロがのびる。すると、この相関に規定されるように運転手を増員せねばならない。増員しないのなら、現員のまま労働強化をはからねばならない。いずれの場合も、あらたな人件費が加わってくる。運行回数というサービス要素はこうした連鎖のなかにあるので、それを費用面と分離したり、任意に設定したりはできないことになる。

では、なぜ、こうした相関が現われてくるのか。そして、なぜ、いずれの団体とも特定の一本の直線にのるのか。これがたんなる偶然でないのなら、相関をもたらす必然性がバス経営の“しくみ”のなかに存在しているはずであろう。

3. 運賃制度のしくみの反映

相関がでてくる理由の一つとして、まず運賃制度のしくみが考えられる。現行の運賃制度(いわゆる標準原価制)では、新運賃を決める過程において、

あらかじめ将来の総走行キロ($\text{km}/\text{年}$)を推定したあと、保有すべきバス台数(台)を次式で算定することになっている⁴⁾。

$$\text{バス台数} = \text{総走行キロ} / \text{走行原単位} \quad (1)$$

ここに走行原単位($\text{km}/\text{台年}$)とは、バス1台が1年間に走行するキロ数であり、具体的には諸団体の実績値の平均値を用いる。たとえば1985年度の全国平均値で例示してみると、おおよそ

$$\text{バス台数} = \text{総走行キロ} / 35 \times 10^3 \quad (2)$$

である。

各団体がこうした共通の計算式を利用するわけであるから、当然ながら総走行キロはバス台数と明確な関係をもつことになる。そして、バス台数の大小に応じて在籍人数が決められることを勘案すれば、総走行キロは在籍人数とも対応することになる。

その意味で上の相関図は、一つには運賃の算定方法に由来しているといえるであろう。しかしこれだけでは、相関係数がある特定の数値になる理由を説明できない。以下、この点を念頭におきながら分析をすすめたい。

4. 現場用語とその概念

バス配車の全体像がわかりにくいのは、一つにはしくみの複雑さにもよるが、二つには現場独自の用語がしばしば登場するためである。用語の独自性はすなわち概念の独自性でもあるから、あらかじめ基本的概念をつかんでおく必要がある⁵⁾。

(1) 実車と回送

いま、ある一つのバス路線ABについて、個々のバスの動きを追跡してみよう。図-2に示したように、バス①は車庫を出たあとバス停A(始点)に至り、そこから営業運転にはいる。そして途中のいくつかのバス停をへてバス停B(終点)に到達する。

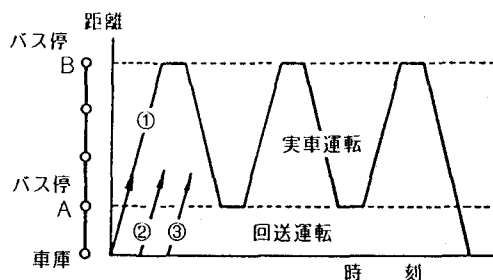


図-2 バス運行の“1仕業”

車庫からバス停Aまでのように、空車で運転する状態を“回送”という。これに対し、A B間のように乗客を乗降させながら運転する営業状態を“実車”（じっしゃ）という。

(2) 仕 業

バス①は終点で時刻調整をしたのち反対方向へ折り返し、以下、営業区間A Bを何回か往復して、最後にふたたび車庫へもどる。バス②、③なども同様の動きをする。このように、車庫を出て車庫へもどるまでの行程を「1仕業（しぎょう）」という。バスの運行ダイヤはこの1仕業を単位として編成され、一つの仕業を一人の運転手が担当する（ただしワンマンカーの場合）。したがって路線A Bの仕業数は、その路線のために出勤してバスに乗務する運転手数に一致する。

(3) ハンドルタイム

岐阜市営バスの場合、運転手一人あたりの拘束時間は8時間15分であるが、これには45分間の休憩時間が含まれるので、実働時間は7時間30分である（1985年度現在）。ただし実働といっても、この間すべてバスに乗務しているわけではない。実際に乗務する時間——“ハンドルタイム”——は5時間10分ほどである。ハンドルタイムはバス経営における重要な基本概念の一つであり、その具体的な数値は管理者（たとえば交通部長）と労働組合との協議で決められることが多い（詳細は後述）。

5. 運行回数と運転手数の制約関係

(1) ダイヤ編成の実務

図-3のように、運転手がバスを稼働させている時間を、ここでは“稼働時間”と呼ぶことにしよう。

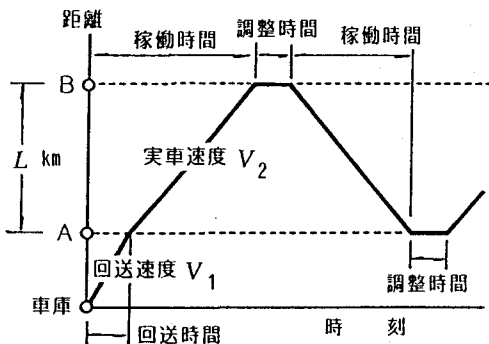


図-3 稼働時間と調整時間

回送時間も稼働時間の一部である。一方、時刻調整のためバスを一時的に非営業状態にしている時間を“調整時間”と呼ぼう。休憩時間は調整時間に含まれない。

さてバス運行のダイヤ編成とは、上の用語でいうと仕業の配置を決めることである。いいかえれば、運転手の乗務時間割を作ることにほかならない。ところで、一人の運転手が一日に乗務する延べ時間は、ハンドルタイム以下でなければならない。つまりダイヤ編成においては、各運転手ごとに

$$\text{稼働時間の合計} \leq \text{ハンドルタイム} \quad (3)$$

を満たす必要がある。そのため編成担当者は、一方ではこうした制限をにらみつつ、他方では乗客需要の時刻変動を考慮しながら、試行錯誤をへて乗務時間割を決めることになる。これはかなりの経験を要する作業であるため、熟練者がやっても、ハンドルタイムに若干の使い残しや使いすぎが出たりする。

(2) バスが稼働できる時間

このようにダイヤ編成は、ハンドルタイムの制約下で進められる。そこでつぎに、その制約関係を定式化してみよう。ある一本のバス路線を想定し、その路線上を一日に運行するバス群の全体を対象に考える。バス群が一日あたりに稼働“できる”時間を T_1 （分/日）とすると、この T_1 は自由勝手な任意の値をとれず、ハンドルタイムの協定値 H （分/人）によって制限を受ける。

いま、この路線のために出勤してくる運転手数すなわち“出勤人数”を N 人とする。出勤人数 N 人のうち若干名は、ハブニングにそなえて待機する予備人数 n 人にまわるので、実際にバスに乗務する人数は $[N - n]$ 人となる。

ダイヤ編成において、もしハンドルタイムを無駄なく完全に使いきれるのであれば、稼働できる時間は $H(N - n)$ となる。しかし実際には完全に消化するのは難しく、ロスがでたり超過したりするため、ハンドルタイムの実績値 H_a は協定値 H よりいくぶん大きかったり小さかったりする。そこで“活用率” α を

$$\alpha = \text{実績値} / \text{協定値} = H_a / H \quad (4)$$

と定義しておく、実際に稼働できる時間 T_1 は

$$T_1 = \alpha H (N - n) \quad (5)$$

と表わせる。

(3) バスが稼働すべき時間

一方、バスが一日に稼働“すべき”時間を T_2 とすると、この T_2 は

$$T_2 = \text{実車時間} + \text{回送時間} = (S_1 / V_1) + (S_2 / V_2) \quad (6)$$

と書ける。ここに S_1 (km/日) は一日あたりの実車走行キロであり、 S_2 は回送走行キロである。また V_1 (km/分) は実車状態における速度であり、 V_2 は回送時の速度である。

厳密に言えば実車速度 V_1 と回送速度 V_2 は異なるが、①その差異を考慮すると複雑になるし、②回送キロは実車キロに比較してかなり少ないので、以下では近似的に実車速度で代表させることにし、

$$V_1 = V_2 = V \quad (7)$$

とおく。すると、稼働すべき時間 T_2 は

$$T_2 = (S_1 + S_2) / V \quad (8)$$

となる。

(4) 基本式

ところで時間 T_1 と T_2 は、同じ一つの実体をそれぞれ別の観点から表現したものであるから、もともと両者は等しくなければならない。そこで $T_1 = T_2$ とおけば、

$$(S_1 + S_2) / V = \alpha H (N - n) \quad (9)$$

が得られる。

ところで予備人数 n は出勤人数 N にくらべてかなり小さい。たとえば岐阜市営バスの場合では、 $N = 113$ 人に対して、予備人数は9路線を4人でまかなっており、1路線あたり $n = 4 \div 9 = 0.44$ 人にすぎない。そこで n を無視すると、

$$S_1 + S_2 = (\alpha H V) N \quad (10)$$

となる。ここで左辺を走行キロ $S (= S_1 + S_2)$ で置きかえと、

$$S = (\alpha H V) N \quad (11)$$

となる。

ある一本のバス路線に着目したとき、走行キロ S と出勤人数 N は、カッコ内の3変数—— α 、 H 、 V ——を媒介(パラメータ)として、この式のごとく互いに制約しあう。以下、この式(11)を“基本式”と呼ぼう。

(5) 路線制約式

ここで、路線長 L (km) とバス運行回数 F (便/日) を導入してみよう。路線長 L は、折りかえし路

線では起点から終点までの片道距離とし、循環路線では起点から起点まで一巡する距離とする。バス頻度は、片道1回の運行を1便とかぞえることにしておく。

“回送比” k を

$$k = S_2 / S_1 \quad (12)$$

と定義し、実車走行キロ S_1 を

$$S_1 = F \cdot L \quad (13)$$

と表わすと、式(10)は

$$F = \frac{\alpha H V}{1 + k} \cdot \frac{N}{L} \quad (14)$$

となる。

右辺の (N/L) は、路線長1kmにつき何人の運転手を投入しているかを示す値であるから、これを“投入密度”(人/km)と呼ぼう。この式からわかるとおり運行回数は、投入密度などからの制約を受ける。以下、この式を“路線制約式”と呼ぶことにしよう。

6. パラメータの具体的数値

上の基本式や路線制約式は、ダイヤ編成の実務から誘導されたものである。その妥当性は、実態との照合をへて確認されねばならない。そこで仕業やハンドルタイムなどの説明を補足しつつ、各パラメータの具体的数値を“平日”について明らかにしておこう(1985年度現在)⁶⁾。

(1) 本番ダイヤと中休ダイヤ

バスの営業が年中無休で終日にわたることから、運転手には独特の勤務体制がしかれている。さきに紹介した仕業がそれである。仕業の形態は岐阜市営バスの場合、前勤・中休・後勤という3種類のダイヤに分かれている。たとえば表-1のダイヤ番号1番のように、午前中に組まれている勤務を“前勤”(ぜんきん)、2番のごとく午後組まれているも

表-1 勤務の時間割(長良線:平日)

本 番 ダ イ ヤ		中 休 ダ イ ヤ	
番号	勤務時間	番号	勤務時間
1	6:02 ~ 13:09 (前勤)	22A	6:32 ~ 10:30
2	12:59 ~ 21:28 (後勤)	22B	16:05 ~ 19:39
3	6:27 ~ 13:54 (前勤)	...	
...		...	
20	14:09 ~ 22:30 (後勤)	30A	6:43 ~ 10:16
21	7:03 ~ 15:29 (前勤)	30B	15:28 ~ 18:53

のを“後勤”（こうきん）といい、両者を一括して“本番ダイヤ”と総称する。そして22番のように、1仕業を午前と午後の二つの時間帯に分けた勤務を“中休”（ちゅうきゅう）という。

(2) ハンドルタイムと活用率

ハンドルタイムの協定値は、表-2に示したとおり、本番ダイヤと中休ダイヤのそれぞれについて、基準値と最高値が決められている。中休が本番より10分間だけ少なく設定されているのは、中休の拘束時間が午前・午後に二分される事情を考慮したものである。

ダイヤ編成の際、各仕業（＝各運転手）のハンドルタイムが基準値以下になるように組もうとすると、仕業ごとにロスがでて、累積すれば無視できないほど大きなものになる。そのため実際には、路線ごとに、①全仕業の平均値を基準値以下におさめる、②ただし個々の仕業が最高値を超過しないようにする、③運転手の担当仕業を順次ずらして個人差を解消する、といった工夫をしている。

このように基準値は平均値に対して、最高値は各仕業に対して適用される。いまここでは個々の仕業

表-2 ハンドルタイムの協定値

年度	協定値（分／人日）			備 考
	分 類	本 番	中 休	
1985	基準値	310	300	基準値は全仕業の平均値に、最高値は個々の仕業に適用される。
	最高値	330	320	
1986	基準値	320	310	
	最高値	340	330	

表-3 岐阜市営バスの路線別データ
（1985年度：平日）

路線名	上段：本番ダイヤ、下段：中休ダイヤ		V	N	Sa	k	L	Fa
	Ha	α						
長 良	309	1.00	0.27	21	1783	0.06	13.9	168
	295	0.98		9	705			
加納島	311	1.00	0.26	18	1578	0.21	12.0	167
	219	0.73		15	918			
鏡島 市橋	307	0.99	0.27	8	699	0.20	11.7	86
	291	0.97		6	513			
加納南	310	1.00	0.26	6	509	0.15	9.2	82
	225	0.75		6	361			
三田洞	295	0.95	0.30	8	724	0.16	10.5	69
	215	0.72		1	109			
曾我屋	315	1.02	0.31	4	386	0.12	12.7	40
	308	1.03		2	182			
東 米	299	0.97	0.26	3	240	0.05	7.6	39
	266	0.89		1	71			
岩 戸	309	1.00	0.25	2	159	0.13	6.2	44
	281	0.94		2	150			
鏡島 大橋	—	—	0.36	0	—	0.08	7.2	10
	235	0.78		1	77			
平 均	308	0.99	0.27	70	6078	0.14	11.3	705
	253	0.84		43	3086			

に着目しているわけではなく、一本の路線全体を考えているから、つぎのように基準値を採用しよう。

本番ダイヤ：H＝310 分／人日

中休ダイヤ：H＝300 分／人日

協定値Hが決まったので、これを実績値 H_a と比較すれば、活用率 α を求めることができる。岐阜市営バスの9路線について α 値を表-3に一覧した。

(3) 実車速度と回送比

つぎに実車速度Vの値をみよう。速度は時刻によって変化するが、ここでは一日単位で扱っているから時刻変動は考えない。またVは、本番・中休といった勤務形態に無関係な値である。さきに述べたとおり、岐阜市営バスのハンドルタイムの中身は稼働時間のみであり、調整時間を含まない（団体によっては、この限りではない）。したがってVは

$$V = \Sigma \text{実車キロ} / \Sigma \text{稼働時間} \quad (15)$$

で算定しないと、実状に合わない。記号 Σ は、一日について合計することを意味する。実車速度Vと回送比kを表-3に示した。k値が0.05～0.21とばらついているのは、回送キロが車庫と路線の位置関係に左右されるためである。

なおこの実車速度は、いわゆる“表定速度”とは別物である。表定速度は

$$\text{表定速度} = \Sigma \text{実車キロ} / (\Sigma \text{稼働時間} + \Sigma \text{調整時間}) \quad (16)$$

であり、分母に調整時間をも含む。調整時間が小さければ両速度はほぼ同じ値になるが、たとえば岐阜市営バスの加納南線の場合、

稼働時間：調整時間＝4：1

と調整時間は無視できない割合を占めている。

7. 岐阜市営バスの実態との照合

さて、こうして得られた諸数値を基本式と路線制約式へ代入し、それぞれ実態と照合してみよう。

(1) 走行キロの照合

まず基本式にもとづき、走行キロについて吟味しよう。式(11)右辺の諸量のうち、H値、 α 値、V値はわかったので、あとは出勤人数Nが得られれば、走行キロSを“路線別”に計算できる。

ところが現実には、運転手を路線別に雇用しているわけではないから、Nの具体的数値は不明である。しかし既述のとおり、ワンマン運転では「出勤人数

は仕業数に一致する」という便利な性質があるため、仕業数をもってN値に代用することができる。こうして求めた各路線の計算値Sを実際値 S_a と比較したのが、図-4である。本番ダイヤ(●印)、中休ダイヤ(○印)とも、計算値は実際値をよく再現しているといえよう。

ただしこの図では、SとNの関係は直観的につかみにくい。そこで少し近似的な議論になるが、 α とVに9路線全体の“平均値”を使ってみよう。

$$\alpha = 0.99 \text{ (本番)}, 0.84 \text{ (中休)}$$

$$V = 0.27 \text{ (本番)}, 0.27 \text{ (中休)}$$

これらを基本式(11)へ代入すると、

$$\text{本番ダイヤ: } S = 83.0N \quad (17)$$

$$\text{中休ダイヤ: } S = 68.0N \quad (18)$$

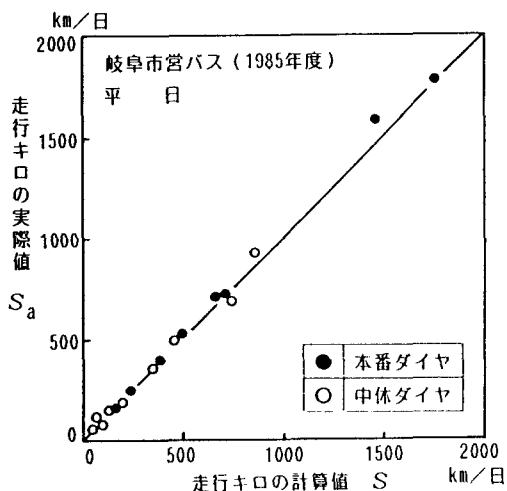


図-4 走行キロの照合

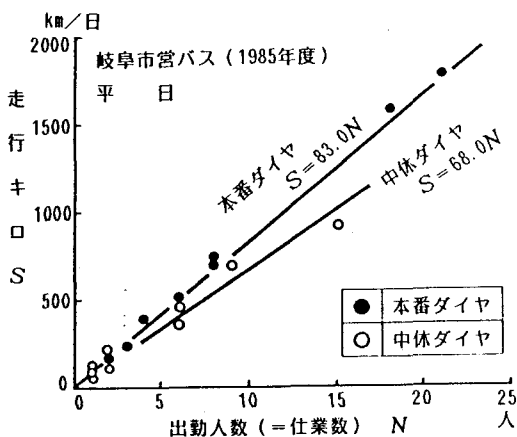


図-5 走行キロと出勤人数の関係

となる。図-5に実態との照合を示した。平均値を使ったことで、若干のばらつきが出ているものの、走行キロが出勤人数(または仕業数)に規定される様子が、ほぼうまく現われている。

(2) バス運行回数の照合

つぎに路線制約式にもとづき、バス運行回数について吟味しよう。今度は本番・中休を区別せずに、一括して扱ってみる。Hは各路線に共通であり、また α の路線差は比較的小さいので、これらを係数化しておこう。仕業数による重みつき平均値 $H = 307$ および $\alpha = 0.94$ を式(14)へ代入すると、

$$F = \frac{289V}{1+k} \cdot \frac{N}{L} \quad (19)$$

となる。右辺に記号のまま残した4要因には路線差があるので、各路線ごとのデータを使って運行回数Fを計算し、実際値 F_a と比較したものが図-6である。いずれの路線とも、計算値は実際値によく適合している。

ところでVの路線差は0.26 ~ 0.36程度であり、 $(1+k)$ の路線差は1.0 ~ 1.2程度である。これは路線長Lの路線差(約6 ~ 14km)にくらべて小さいと思われるので、Vとkにも平均値($V = 0.27$ 、 $k = 0.14$)を代入してみると、

$$F = 68.4(N/L) \quad (20)$$

となる。さらにまた、路線長Lをも平均値($= 11.3$)にしてみると、

$$F = 6.05N \quad (21)$$

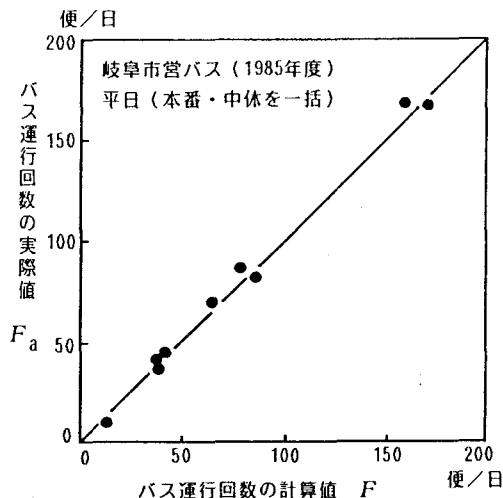


図-6 バス運行回数の照合

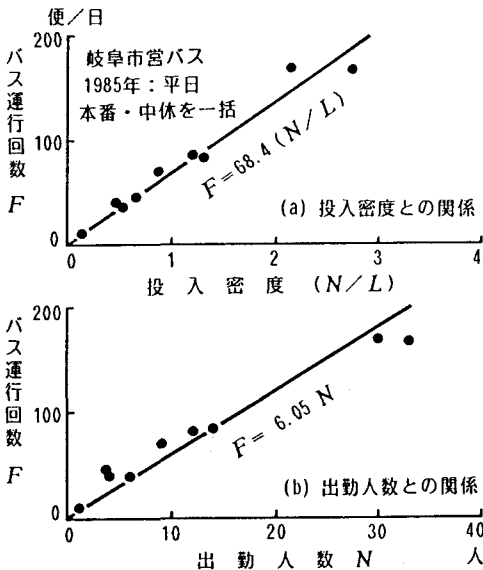


図-7 近似的な関係式

となる。近似化することで、運行回数と投入密度（または出勤人数）の関係は、このような簡単な実用式で表わせる。もちろん正確には路線ごとに考えるべきであるが、おおよその傾向を議論するときには近似式も便利であろう。かなり粗く近似したにもかかわらず、図-7 (a) と (b) によれば、実用に耐えられる程度の再現性はみせているようである。

8. 結 語 — 相関の根拠

以上、ダイヤ編成のしくみをふまえ、バス運行回数（または走行キロ）と運転手数の制約関係を定式化し、岐阜市営バスの実態と照合するなかで、その妥当性を確認した。こうして得られた路線制約式は、要因間の量的な依存関係を表わしているので、これにもとづいて運行回数 F の増便条件を吟味したり、出勤人数 N の過不足を吟味したりすることができる。ここに制約式の実用的な意義があると思われる。この点、紙面の都合でくわしくは展開できないため、以下では、冒頭で提起した相関の根拠について述べ、結語に代えたい。

岐阜市営バスにおける運転手の出勤率（＝ 0.75）を使うと、出勤人数 N は

$$N = 0.75 W \quad (22)$$

と書ける。ここに W (人) は、その路線の在籍人数

である（なお総在籍人数 W_t は、この W を全路線について合計したものである）。したがって式 (17)～(18) は、

$$\text{本番ダイヤ: } S = 62.2W \quad (23)$$

$$\text{中休ダイヤ: } S = 51.0W \quad (24)$$

となる。これら2本の直線を図-1へ描きいれてみると、全国諸団体の実績値におおよそ一致している。もちろん、実績値が団体単位（総走行キロ S_t ）であるのに対し、2本の直線式は路線単位（走行キロ S ）であるから、両者を単純には比較できない。しかしこの一致は、上述の制約関係が全国の諸団体でも成立するであろうこと、そしてまた、その反映で S_t と W_t に相関が現われるのでであろうこと、を推測させる。

今回は、岐阜市営バスを対象とする個別的な実証にとどまった。制約関係の一般性を確認するには、全国諸団体での実証が欠かせない。この点については、いま別に作業を続けているので、機会をあらためて報告したい。

おわりに、資料を提供くださった岐阜市交通部と公営交通事業協会の関係各位に感謝いたします。なおこの研究は、文部省科学研究費補助金（一般研究 C：1986～88年度）を得て実施したものの一部であることを付記し、謝辞に代える次第です。

参 考 文 献

- 1) 牛島正「都市交通の財政問題 — とくに大都市のバス事業について」、都市問題研究、第33巻9号、1981年。
- 2) 堀田隆寿「浜松市営バスの民営移管」、自治体学研究、第36号、1988年。
- 3) 資料：公営交通事業協会「昭和60年度公営交通事業決算調」、（発行年は無記載）。
- 4) 渡辺千賀恵「乗合バス運賃改定の標準原価制と2年ローテーションシステム」、岐阜高専紀要、第23号、1988年。
- 5) 日本生産性本部「経営診断報告書」、1984年。
- 6) 資料：岐阜市交通部「勤務時間割一覧」（1985年4月現在）。